

Année universitaire 2023-2024

Master 1^{ère} année Master 2^{ème} année

Master STAPS mention : *Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive*

Parcours : *Préparation du sportif : aspects physiques, nutritionnels et mentaux*

MEMOIRE

DEVELOPPER CONJOINTEMENT LA SOUPLESSE ACTIVE ET LA
SOUPLESSE PASSIVE D'ÉPAULE CHEZ DES JOUEUSES DE BASKET-BALL
ESPOIR : L'INTERET DE LA METHODE PAILS-RAILS

Par : CANARD Arthur

Sous la direction de : Mr Philippe Campillo

Soutenu à la Faculté des Sciences du Sport et
de l'Éducation Physique le : 24/05/2024



« La Faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation Physique n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les mémoires; celles-ci sont propres à leurs auteurs. »

Remerciement

Je souhaite d'abord remercier l'ensemble du corps enseigné qui m'a aidé à évoluer cette année. Mes pensées vont particulièrement à M. Campillo, M. Roussel et M. Martins dont nos échanges ont été d'une grande richesse pour mon mémoire et mon développement personnel.

Je souhaite également remercier l'ensemble des personnes travaillant à l'ESBVA-LM et mes maîtres de stage M. Dekhil et M. Fauchois au côté de qui j'ai vécu une année riche en remise en question, en apprentissage et en émotions.

J'adresse également mes remerciements aux 10 joueuses espoirs du centre de formations de l'ESBVA-LM que j'ai pu suivre, encadrer et avec qui j'ai pu grandir tout au long de cette saison 2023-2024. Et également aux 10 joueuses U18 qui ont accepté de nous rejoindre afin de rendre ce travail possible.

Merci à vous.

Glossaire

CR : Contracter-Relâcher

CRAC : Contract-relax-antagonist-contraction

ES : Effet size / taille d'effet

FIBA : Fédération internationale de Basket-ball

NF1 : Nationale Féminine 1 – 3^e ligue de basket-ball féminin en France

PNF : Facilitation neuromusculaire proprioceptive

PAILs : Progressive Angular Isometric Loading

RAILs : Regressive Angular Isometric Loading

RI : Rotateur interne

RE : Rotateur externe

WABC : Association mondiale des coachs de basket-ball

Table des matières

| | |
|--|----|
| Remerciement | 4 |
| Glossaire | 5 |
| Introduction | 1 |
| 1- Revue de littérature | 2 |
| 1.1 Le Basket-ball | 2 |
| 1.2 Analyse de l'activité | 2 |
| 1.3 Concept de souplesse active et passive | 5 |
| 1.3.1 Définitions | 5 |
| 1.3.2 Mécanismes sous-jacents les gains d'amplitude articulaire | 7 |
| 1.3.3 Revue des méthodes | 9 |
| 2- Problématique, objectif et hypothèses | 14 |
| 2.1 Problématique | 14 |
| 2.2 Objectif et hypothèses | 15 |
| 3- Méthodologie et protocole | 15 |
| 3.1 Sujets | 15 |
| 3.2 Matériel | 16 |
| 3.3 Protocole | 16 |
| 3.3.1 Les tests | 17 |
| 3.3.2 Protocole PAILS-RAILs | 18 |
| 3.4 Analyse statistique prévue | 19 |
| 4- Résultats | 20 |
| 5- Discussion | 23 |
| Conclusion | 27 |
| Bibliographie | 28 |
| Sitographie | 33 |
| Annexe | 34 |
| Résumé | 35 |
| Abstract | 36 |
| Compétences | 37 |

Introduction

La souplesse active et passive sont depuis longtemps considérées comme des qualités primordiales dans tous types de sports de par leur intérêt pour la performance, mais également dans la prévention des blessures (D. Behm, 2018). Afin de développer ces qualités, il est principalement utilisé trois grands types de méthodes : les étirements statiques, dynamiques et les méthodes de facilitation neuromusculaire proprioceptive. Bien qu'il n'y ait pas encore de consensus quant à leurs recommandations, ces méthodes ont toutes prouvé leurs intérêts dans le développement de l'amplitude articulaire au fil des années. Cependant, il ressort des dernières revues de littérature (D. G. Behm et al., 2023; Konrad et al., 2023) que les méthodes traditionnelles mentionnées ci-dessus ne semblent pas développer conjointement les qualités de souplesse.

Tout l'intérêt de ce mémoire consiste à chercher une méthode permettant ce développement conjoint. Dans cet objectif, le docteur Andreo Spina a développé la méthode PAILs (progressive angular isometric loading) & RAILs (regressive angular isometric loading) qui consiste à effectuer un étirement statique suivie d'une contraction isométrique du muscle agoniste, puis une contraction isométrique du muscle antagoniste. Cela dans le but de développer la souplesse passive, puis de créer de la force et du contrôle moteur (soit de la souplesse active) dans les amplitudes de mouvement nouvellement débloquées. Cette méthode étant présentée dans les formations du docteur Spina, « *Functional Range System*TM », peu de papiers parlent directement de cette dernière ou ont pu l'étudier sous ce nom.

De ce fait, l'objectif de cette étude sera de s'intéresser aux effets d'un protocole utilisant la méthode PAILs-RAILs sur le développement conjoint des qualités de souplesse active et passive. Cela à travers un protocole comprenant 3 séances par semaine pendant 6 semaines, effectué sur les rotations interne (RI) et externe (RE) d'épaule des joueuses de basket-ball du centre de formation de l'ESBVA-LM.

Pour cela, nous présenterons tout d'abord les exigences du basket-ball, nous ferons un tour de la littérature actuelle en ce qui a trait à la souplesse puis nous verrons les différentes méthodes de développement et en quoi la méthode PAILs-RAILs semble pertinente d'après la littérature. Enfin, nous présenterons la population et le protocole d'étude.

1- Revue de littérature

1.1 Le Basket-ball

Le Basket-ball est un sport collectif créé en 1891 par James Naismith. C'est un sport opposant deux équipes de 5 joueurs en même temps sur le terrain. L'objectif est de finir le match en ayant marqué plus de points que l'équipe adverse, cela en rentrant le ballon dans le panier adverse lors des phases offensives et en empêchant l'équipe adverse de marquer dans notre panier lors des phases défensives.

1.2 Analyse de l'activité

Le basket-ball est l'un des sports les plus populaires au monde et notamment en France où il est classé 3^e en termes de nombre de licenciés avec 683 000.

Le basket-ball est un sport comprenant des efforts intermittents mélangeant des actions de haute voire très haute intensité (saut, sprint, pas défensif, ...), entrecoupées de périodes de récupérations actives. Plusieurs recherches se sont intéressées au temps passé aux différentes intensités d'efforts lors de matchs de basket-ball. Il en ressort des pourcentages de 51-53 %, 24-31 % et 15-20 % pour des intensités basse, moyenne et haute (Ben Abdelkrim et al., 2007, 2010; Turner, 2018). Cela amène à des distances parcourues lors d'un match qui peuvent varier de 5000 à 7550 mètres chez les espoirs, à 3700 à 6200 pour des joueurs semi-professionnels et entre 1900 et 6300 mètres pour les joueurs élite (en fonction des postes et du temps de jeu) (Petway et al., 2020).

Ces éléments mettent en avant l'intérêt d'un travail physique au-delà du simple travail technicotactique. Par conséquent, les caractéristiques anthropométriques, physiques et psychologiques sont essentielles pour performer en basket-ball.

Il a été recensé que les jeunes joueuses ont plus de chances d'être sélectionnées dans une équipe performante si elles sont plus grandes et qu'elles ont des qualités physiques plus développées que les joueuses des équipes moins performantes (Hreinsdóttir et al., 2021). Cette étude est en accord avec de plus anciennes reprenant les caractéristiques des joueuses sénior en coupe du monde (Carter et al., 2005).

Selon Hudain et al. (2023), l'endurance cardiorespiratoire joue un rôle crucial dans la performance en basket-ball, cela du fait de son caractère intermittent et l'intensité des actions. Les phases d'actions en début de match font majoritairement appel à l'anaérobie alactique et également à une part lactique. La part d'anaérobie lactique grandit au fil du match avec la fatigue. La filière aérobie joue un rôle dans la récupération et permet de maintenir l'effort dans la durée.

Par conséquent, lors d'un match, les joueurs se trouvent au-dessus de 85 % de leur FCmax et de leur 2^e seuil lactique (Stojanović et al., 2018). Avec des valeurs de VO₂max de $46.20 \pm 4.71 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ recensées pour des jeunes joueuses élite (Kucsá & Mačura, 2015).

Les qualités de force et de vitesse sont primordiales en basket-ball, mais chacune de ces qualités varient beaucoup d'un joueur à l'autre en fonction de son âge, sexe, style de jeu, poste, ... (Batalla-Gavaldà et al., 2023; Turner, 2018).

La composante de force va principalement entrer en jeu lors des phases de contacts (prise de position au poste bas, attaque vers le panier, ...), lors des premiers appuis d'une course, d'un saut ou lors d'une phase de transition sur un changement de direction.

La vitesse a plusieurs composantes clé dans le basket-ball, la vitesse gestuelle et la vitesse de déplacement. La première concerne les dribbles, les différents types de tirs, les rotations de buste ou encore les changements rapides d'appuis. La seconde en lien avec la force concerne la capacité à atteindre rapidement une vitesse élevée en un minimum de temps, cela dans tous les plans de l'espace (frontal, sagittal, vertical voire transverse) et avec des changements de direction. A noter que de par la petite taille du terrain, les joueurs de basket-ball n'atteignent jamais leur vitesse de course maximale lors d'un match (Turner, 2018). En lien avec les facteurs tactiques et cognitifs, cette qualité se retrouve également exprimée dans l'agilité. Selon Abdelkrim et al. (2010), les performances en agilité sont ce qui différencie les joueurs de niveau national de ceux évoluant au niveau international.

La souplesse active et passive sont des éléments importants en basket-ball et souvent sous-estimés. Etant le sujet de ce mémoire, nous détaillerons plus en profondeur ces deux notions dans les parties ci-dessous. Il est cependant essentiel de remettre en avant l'intérêt de ces qualités dans le contexte du basket-ball. D'un point de vue de la performance, une bonne souplesse du bas du corps va permettre

de jouer plus bas et donc d'être plus à l'aise pour certains déplacements spécifiques avec et sans ballon (attaquer le panier, contourner un écran, prendre position au poste bas, ...). Sur le haut du corps, la souplesse semble permettre une plus grande aisance notamment au niveau du tir comme l'indique l'association mondiale des coaches de basket-ball (WABC) : « *Un joueur pourra par exemple éprouver des difficultés à placer son coude sous la balle au début d'un tir, en raison d'une amplitude de mouvement insuffisante au niveau de l'épaule* » (Coaches Education Platform, s. d.).

Behm et al. (2016) ont notamment démontré dans leur revue qu'un manque de souplesse d'épaule pouvait être un facteur de risque important en sport. Cela peut notamment être illustré par le fait que les joueurs de tennis présentant des tendinopathies du membre supérieur ont généralement moins d'amplitude articulaire au niveau de l'épaule (Lucado et al., 2020). Nous pouvons faire le lien avec le basket où après les chevilles et les genoux (Batalla-Gavalda et al., 2023; Hanna et al., 2022; Kucsá & Mačura, 2015; Turner, 2018), certains articles font ressortir l'épaule comme la troisième articulation la plus à même de subir des blessures chez les basketteurs (0.82 / 1000 athlètes) (Batalla-Gavalda et al., 2023; Morikawa et al., 2023). Ces blessures étant entre autres dues à des chocs, mais également à des sur-sollicitations et des compensations au niveau du membre supérieur (dribble, passe, tir, préparation physique, ...).

Même si l'importance de la souplesse du haut du corps et son effet sur les pourcentages au tir en basket-ball est encore à démontrer de manière significative, nous ne pouvons ignorer l'importance sur le long terme d'une bonne aisance de cette articulation pour la santé de l'épaule, du coude et du tronc.

1.3 Concept de souplesse active et passive

1.3.1 Définitions

Souplesse et mobilité sont deux termes souvent confondus dans le langage courant. Il convient ici de les redéfinir afin d'en comprendre les mécanismes sous-jacents.

La souplesse ou souplesse passive pour être plus précis peut-être définie comme « *la propriété intrinsèque des tissus qui détermine le degré de mouvement que l'on peut atteindre sans blessure au niveau d'une ou plusieurs articulations.* » (Reiss & Prévost, 2021). Cette définition rentre en accord et peut-être complétée par d'autres définitions référencées par Behm en 2018 : « *Amplitude articulaire disponible pour une articulation ou un groupe d'articulations ; [...] Capacité de mouvoir une articulation facilement et de manière fluide à travers la totalité de son amplitude de mouvement, sans douleur ; [...]* » [Traduction libre] (D. Behm, 2018). On parle donc ici de l'amplitude maximale atteinte par l'effet des forces externes (partenaires/poids) et par le relâchement des antagonistes.

La mobilité ou souplesse active a quant à elle été définie comme « *une combinaison d'amplitude de mouvement, de contrôle moteur et de force* » [Traduction libre] (Dovan, 2021). K. Starrett lui l'a défini comme la capacité « *de limiter une tension d'un muscle, d'un tissu mou ou d'une capsule articulaire que des problèmes de contrôle moteur, manque d'amplitude articulaire et problèmes neuromusculaires provoquent* ». (Starrett & Cordoza, 2015). Elle correspond donc à l'amplitude maximale atteinte par contraction agoniste et relâchement des antagonistes.

Ces définitions mettent en avant 3 aspects fondamentaux de la souplesse active :

1. Le contrôle moteur
2. La force ou l'aspect neuromusculaire
3. L'amplitude articulaire ou amplitude de mouvement, qui correspond comme nous l'avons vu ci-dessus à la souplesse passive.

Par conséquent, la souplesse passive restera toujours supérieure à la souplesse. La différence entre souplesse passive et active est nommée « réserve motrice ».

Ces définitions nous permettent de voir que travailler la souplesse seule n'est pas suffisant, « *Allonger un muscle n'est pas une mauvaise chose en soi si vous avez le contrôle moteur pour supporter cette position en fin d'amplitude* » (Starrett & Cordoza, 2015). Ces différents auteurs ajoutent qu'il est important de ne pas prendre en considération uniquement le muscle, mais également l'ensemble de notre système physiologique comprenant la position de nos articulations et ce qu'il s'y passe ; les limitations de la capsule articulaire ; la fonction des surfaces de glissement sur la peau, les nerfs et les muscles ; et encore une fois le contrôle moteur.

Dans le tableau ci-dessous de Canal (2005) reprenant l'ensemble de ces paramètres, nous pouvons également noter l'important des os, la peau et la graisse. Chacun de ces systèmes peut nous empêcher de nous placer dans la position idéale et de bouger correctement, ce qui peut mener à des contre-performances ou à d'éventuelles pathologies. « *N'importe lequel de ces points peut s'exprimer dans un muscle tendu* » (Starrett & Cordoza, 2015).

| Structures | Constitution | Effets de l'assouplissement |
|---------------------------------|---|---|
| OS et CARTILAGE ARTICULAIRE | Constitution en travées, densité de l'os, épaisseur du cartilage articulaire | Les effets de l'assouplissement sur ces structures sont négligeables bien qu'il existe des différences entre les individus et une modification avec l'entraînement. |
| PEAU FASCIA SUPERFICIEL GRAISSE | Constitution suivant des lignes de force | La peau varie en épaisseur, en résistance et en liberté par rapport aux tissus sous-jacents. |
| CAPSULES ARTICULAIRES | Tissu conjonctif | Ces tissus évoluent à l'exercice, notamment par la synthèse du collagène et la mise en ordre des fibres pour résister à la tension. |
| LIGAMENTS TENDONS | Tissu conjonctif | La synthèse du tissu collagène évolue en fonction de la contrainte et de l'évolution du tissu contractile. |
| APONÉVROSES FASCIAS | Tissu conjonctif (endomysium : le plus profond, perimysium : le plus adaptable à l'étirement, epimysium : qui enveloppe le ventre musculaire) | Très résistant, le tendon est peu extensible ; un allongement de 8 % de sa longueur entraîne des micro-déchirures et chez le jeune la limite élastique maximale ne dépasse jamais 14 % de la longueur initiale. |
| TISSU MUSCULAIRE CONTRACTILE | Myofibrilles, sarcomères, filaments (Actine, myosine, titine, desmine) | Augmentation du nombre de sarcomères Étirement de la partie très élastique des filaments de titine. |
| SYSTÈME NERVEUX | Tissu nerveux Réflexes douloureux Réflexe myotatique, myotatique inverse, inhibition réciproque, réflexes posturaux | L'étirement d'un nerf peut être à l'origine de troubles du mouvement. Le jeu des réflexes entraîne des inhibitions ou des activations. |

Tableau 1 – Facteurs histologiques et physiologiques de la souplesse (Canal, 2005)

Comme mentionné par Alter (2004) et Behm et al.(2023), il existe également d'autres facteurs pouvant limiter cette amplitude de mouvement tel que la masse musculaire, l'âge, le sexe (les femmes étant généralement plus souples. Les œstrogènes provoquant une rétention d'eau, ayant une masse musculaire généralement plus faible et moins de tissus adipeux), la température externe et interne, l'heure de la journée, le niveau de fatigue/stress de notre organisme, ...

Par ailleurs, afin de savoir quelles articulations doivent être mobiles et quelles articulations doivent être stables, nous pouvons nous baser sur l'approche « *joint-by-joint* » (articulation par articulation) développée par Gray Cook et Michael Boyle. Cette approche permet de vulgariser le fonctionnement biomécanique de notre corps en vue d'optimiser les performances et de travailler sur la prévention des blessures. Elle stipule qu'une articulation sur deux est censée être stable et une sur deux doit être mobile.

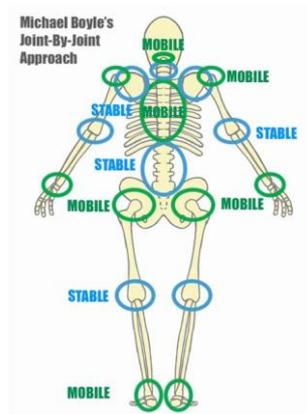


Figure 1 - Approche "Joint-By-Joint" de la biomécanique humaine

De ce fait, il est mis en avant que si une articulation censée être mobile/souple ne l'est pas, le corps va naturellement compenser ailleurs pour retrouver cette mobilité, cela afin de se placer dans la position voulue. Par exemple, un manque de souplesse d'épaule peut amener des compensations au niveau du coude ou de la colonne, compensations qui peuvent être un facteur de risque de blessure et de contre-performance. Cette approche reste une simplification réelle du corps car une articulation mobile aura besoin de stabilité pour performer et fonctionner en symbiose avec le reste du corps, tout autant qu'une articulation stable aura besoin d'une certaine amplitude de mouvement selon Dufour et al. (2017)

1.3.2 Mécanismes sous-jacents les gains d'amplitude articulaire

Dans cette sous-partie, nous allons voir de manière non-exhaustive les principaux mécanismes sous-jacents les gains d'amplitude articulaire aigus et chroniques.

1.3.1.1 Effets aigus

Pour citer certains des mécanismes immédiats, nous avons l'effet thixotropique qui fait référence à la propriété d'un matériau viscoélastique (dans notre cas l'unité muscle-tendon et fascia)) de devenir moins visqueux lorsqu'il est soumis à des contraintes. Ce qui amène moins de résistance du complexe tendon-muscle. Behm (2018) met en avant l'effet de la température ambiante, des contractions anisométriques/isométriques (que l'on retrouve dans les méthodes PNF et les PAILs & RAILs que nous verrons plus tard), des mouvements dynamiques et dans une moindre mesure des étirements passifs.

De plus, selon Guissard et al. (2001) l'ampleur de la mobilité articulaire qui peut être produite est fortement attribuable à la résistance musculaire causée par les réflexes toniques. Les deux principaux réflexes sont le réflexe myotatique et réflexe de Golgi. Ces derniers interviennent lorsque les fuseaux musculaires et les organes tendineux de Golgi détectent respectivement le changement de longueur du muscle et des tendons. Lorsqu'une tension excessive est détectée, un signal nerveux passe par la moelle épinière, ce qui va ensuite entraîner une inhibition de l'activité des motoneurones entraînant une relaxation des muscles/tendons étirés. Les différentes techniques d'étirements permettent d'inhiber en partie ces réflexes et il est également observé une augmentation du seuil de douleur (Reiss & Prévost, 2021).

Cela régulé en plus par l'heure de la journée, la température externe, la fatigue, ... comme mentionné plus tôt.

1.3.1.2 Effets chroniques

Selon Behm (2018), les effets chroniques des gains en souplesse passive sont dus aux adaptations neuronales plastiques (notamment l'inhibition des réflexes précédemment évoqués), aux adaptations morphologiques (possible sarcomérogenèse, augmentation de l'angle de pennation du muscle, diminution de la raideur de la jonction myotendineuse, ...) et psychologiques (augmentation de la tolérance à l'étirement).

Pour la souplesse active, les améliorations chroniques peuvent s'expliquer par un meilleur recrutement musculaire dans des fins d'amplitude (Enoka, 2015) couplé à une augmentation de la force, de la coordination inter/intra musculaire et un relâchement des antagonistes (Schmidt & Lee, 2019).

1.3.3 Revue des méthodes

1.3.3.1 Méthodes traditionnelles

Trois principales familles de méthodes sont présentées dans la littérature afin d'apporter des effets significatifs dans le développement de la souplesse : les étirements statiques, dynamiques et les étirements utilisant la facilitation neuromusculaire proprioceptive (PNF)

Les méthodes d'étirements statiques sont les plus couramment utilisées. Elles sont conseillées loin des activités dans un but de développement de la souplesse passive. Elles consistent à exercer une tension sur un muscle ou un groupe musculaire ciblé en plaçant « *généralement une articulation à un angle correspondant à la position où la douleur est supportable par le sujet, mais non maximale.* » (Reiss & Prévost, 2021). Cette méthode peut s'effectuer de deux façons, à angle constant ou à moment constant. À angle constant, le muscle est placé dans une situation d'étirement comme vu ci-dessus et on reste à la même angulation articulaire tout le temps de l'étirement (ex : étirement des ischios pendant 1' à 70° ; relâchement ; étirement des ischios pendant 1' à 70° ; ...). Un étirement statique à moment constant est identique à un étirement à angle constant, la différence est le fait qu'entre chaque répétition, on va chercher un angle articulaire supérieur afin d'atteindre le nouveau seuil de douleur tolérable (ex : étirement des ischios pendant 1' à 70° ; relâchement ; étirement des ischios pendant 1' à 80° ; ...).

Les étirements dynamiques correspondent à un mouvement contrôlé et sans à-coups à travers l'amplitude articulaire. « *Les muscles antagonistes sont sollicités ici pour produire les forces nécessaires à la mise sous tension du groupe musculaire ciblé.* » (Reiss & Prévost, 2021).

Ils comprennent également la méthode balistique où l'on reprend la méthode dynamique avec des angles réduits et une vitesse d'exécution plus élevée. Et la méthode par rebonds dans laquelle on va se

concentrer « *sur la fin de l'amplitude de mouvement avec des petits mouvements oscillatoires.* » (Reiss & Prévost, 2021). Ces différentes techniques sont couramment utilisées lors des échauffements. Elles permettent d'améliorer la souplesse aiguë et de préparer le corps à l'effort. « *Elle prépare au cycle naturel du muscle durant la performance (cycle étirement-détente)* » (Reiss & Prévost, 2021). Elles montrent une amélioration ou pas d'amélioration des performances musculaires quand elles sont effectuées avant cette dernière (Behm & Chaouachi, 2011; Lima et al., 2019).

« *Les étirements PNF combinent les étirements dynamiques et des contractions isométriques dans un pattern cyclique* » (D. Behm, 2018). Ces contractions permettent d'inhiber certains réflexes évoqués ci-dessus afin d'obtenir des gains d'amplitude. Les deux techniques les plus couramment utilisées sont le Contracté-Relâché (CR) et le Contract-relax-antagonist-contraction (CRAC), soit contracté-relâché-contracté antagoniste. La méthode CR consiste en un étirement statique du muscle suivi immédiatement d'une contraction isométrique de ce même muscle. Suivi ensuite de nouveau par un étirement statique du muscle. La méthode CRAC ajoute une contraction de l'antagoniste (muscle à l'opposé du groupe musculaire précédemment étiré). La méthode commence par la contraction isométrique de l'agoniste, suivie d'un étirement statique de ce dernier, puis enfin la contraction de l'antagoniste. Selon Joyce et Lewindon (2015), ces méthodes sont généralement prescrites afin d'augmenter la l'amplitude articulaire (CR et CRAC), mais également dans d'autres cas plus cliniques comme certaines rééducations post traumatique/opératoire.

| Méthodes | Effets sur la souplesse | Effets sur la performance |
|---------------------|--|--|
| Étirement statique | <p>Il est recensé des gains aigus allant jusqu'à 9.5 % après une seule séance (Santos et al., 2020). Mais cela ne dure généralement pas dans le temps (reviens aux valeurs initiales après 2 minutes selon Behm et al. (2018)).</p> <p>La méta analyse de Shah et al. (2023) ressort une amélioration chronique de 15.2 % de la souplesse passive lié à une augmentation de la tolérance à l'étirement et une baisse de la raideur musculo-tendineuse.</p> | Behm et al. (2016) dans leur revue de littérature notent -3.7% de baisse suite à un étirement statique. Et -4.0 à 7.5 % de baisse en force/puissance selon Chaabene et al (2019). |
| Étirement dynamique | <p>Dans leur revue de littérature Opplert et al. (2018) ont recensé de grande variabilité sur l'amplitude articulaire aigue (de +2.9 % à +9.4 %).</p> <p>D'autres études ont réussi à obtenir des gains jusqu'à 14.9 % après 6 semaines (Namsawang et al. 2024).</p> | <p>Behm et al. (2015) notent une amélioration de +1.3 % de la souplesse passive à la suite d'un échauffement comprenant des étirements dynamiques.</p> <p>Opplert et al. (2018) ont noté des résultats très variés dans leur revue montrant des améliorations allant jusqu'à +9.38 % sur des tests de vitesse, agilité ou force.</p> |
| PNF | Il a été observé des gains d'amplitude articulaires passive aigue jusqu'à 6.2% et des gains chroniques jusqu'à 14.3 % d'après la revue de littérature de Behm et al. (2023). | Behm et al. (2015) dans leur revue de littérature notent une baisse moyenne de -4.4 % des performances en force maximale suite à un PNF. |

Tableau 2 –Récapitulatif des méthodes et leurs intérêts

La revue de littérature de Behm et al. (2023) effectuée sur 47 études de 1997 à 2022 s'est intéressée aux effets aigus des différentes méthodes vues ci-dessus et leurs effets sur la souplesse passive et active. Les résultats principaux de cette analyse rentrent en concordance avec le tableau 2, et cette revue rappelle de plus que bon nombre d'études vont à l'encontre les unes des autres sur quelle méthode apporte le plus d'effet aigue et chronique sur les gains d'amplitude articulaire. Ce manque de clarté vient notamment de la grande différence entre la durée, l'intensité et le nombre de répétitions de chaque méthode, en plus de la variété des populations étudiées. D'autres étude récente ont également été noté des résultats similaires à ceux de Behm et al. (2023) sur les effets à long terme (Konrad et al., 2023).

Cependant, en reprenant les effets de ces différentes méthodes au regard de la définition de la souplesse active, il ressort des méta analyse et des articles précédemment cités que les méthodes traditionnelles peuvent apporter des effets significatifs sur l'amplitude passive, mais moins sur le contrôle moteur (hormis certaines modalités de PNF) et surtout sur la force dans des fins d'amplitude de mouvements

1.3.3.2 PAILS & RAILS

Depuis les années 2010, une nouvelle méthode prend de l'importance à haut niveau : les PAILS-RAILs. Cette méthode a été développée et mise en avant par le Dr Andreo A. Spina, fondateur du Functional Range SystemsTM. La maîtrise de cette méthode et des autres composantes proposées par le Dr Spina sont des éléments souvent indispensables à maîtriser par les préparateurs physiques outre-atlantique afin de pouvoir postuler dans les équipes d'ultra haut niveau (NFL, NHL, NBA, ...).

Les acronymes PAILS et RAILS correspondent à « Progressive Angular Isometric Loading » et « Regressive Angular Isometric Loading ». Cette méthode se déroule de la manière suivante :

- Étirement passif du muscle agoniste
- Initier le PAILS dans la fin d'amplitude articulaire en commençant à produire progressivement de la force isométrique dans le muscle agoniste jusqu'à atteindre un effort à 100 %
- Maintenir cet effort isométrique 10 secondes.

- Commencer le RAILS immédiatement en restant dans cette même position d'étirement en fin d'amplitude articulaire et en contractant l'antagoniste au maximum durant 5 à 10 s
- Se relâcher doucement en restant dans la position d'étirement passif ou en allant chercher plus loin dans la nouvelle amplitude articulaire débloquée.
- Répéter ce cycle

Cette méthode a pour objectif de rendre les grandes amplitudes articulaires fonctionnelles. Cela en développant la souplesse active et passive des sujets, car comme le présente Dovan (2021) « *il faut traduire les effets des outils de mobilités passives en mouvements intentionnels. C'est ainsi que l'on crée des effets durables* ». D'où l'intérêt que semble avoir la méthode PAILS-RAILs dans laquelle les contractions n'ont pas pour but premier d'outrepasser les réflexes comme dans les méthodes PNF, mais de créer de la force et du contrôle moteur dans les amplitudes nouvellement débloquées par l'étirement passif. Cela à travers une contraction isométrique maximale en fin d'amplitude.

Le PAILS a pour but de développer la force du muscle agoniste en fin de mouvement là où les RAILS permettent d'atteindre cette nouvelle amplitude articulaire de manière active en développant la force des antagonistes. Ces deux phases combinées ont pour but de rendre la nouvelle amplitude articulaire la plus fonctionnelle et sécuritaire possible.

Cette méthode se base sur de nombreuses études. Les principales étant citées dans les contenus gratuits du Dr Spina étant l'étude de Noorkõiv et al. (2014) qui montre qu'un travail isométrique avec un muscle court (angle du genou à 38.1°) amène des niveaux de force plus élevés grâce à une plus grande activation musculaire mesurée à travers le EMG/Mmax, avec peu d'évolution significative sur l'hypertrophie. Les études menées par Oranchuk et al. (2019) et Fleck & Kraemer (2014) ont également pu déterminer que les contractions isométriques effectuées sur un muscle étiré permettaient un transfert de force sur l'ensemble de l'amplitude articulaire indolore.

De plus, l'étude de Oranchuk et al. (2019) et celle de Clifford et al. (2020) montrent également des améliorations dans le contrôle moteur et la stabilité dans les angulations spécifiques travaillées en isométrie.

Cela couplé aux travaux présentés précédemment qui montraient l'intérêt des étirements passifs ainsi que des contractions musculaires présent lors des PNF, la méthode PAILS-RAILs semble pouvoir

améliorer de façon aigüe l'amplitude passive et active à travers le relâchement myofascial, l'inhibition des différents réflexes, l'augmentation de la température corporelle, ... Et sur le long terme augmenter l'amplitude articulaire passive et active via les adaptations neuronales, morphologique et psychologique dû à l'étirements passifs (comme évoqué en 1.3.2.1), ainsi que le contrôle moteur et la force notamment grâce à une plus grande activation comme évoqué ci-dessus.

2- Problématique, objectif et hypothèses

2.1 Problématique

D'après les recherches effectuées, chacune des méthodes couramment utilisées propose des avantages et des inconvénients. Cependant, la limite principale de ces méthodes est qu'elles permettent d'augmenter l'amplitude articulaire sans permettre au sujet de développer une bonne souplesse active dans ces nouvelles amplitudes. Ces éléments poussent vers la méthode PAILS & RAILS qui semble permettre de résoudre cette problématique avec un travail d'étirement statique conjugué à une contraction isométrique des agonistes et des antagonistes dans des amplitudes de mouvements maximales.

Le manque d'information fourni autour de cette méthode en dehors des formations payantes proposées par le docteur Andreo Spina invite à s'interroger sur la problématique suivante :

« La mise en place d'un protocole utilisant la méthode PAILS - RAILS est-il efficace pour améliorer la souplesse active et passive chronique d'épaule en rotation interne et externe chez des joueuses de basket-ball en centre de formation ? »

2.2 Objectif et hypothèses

L'objectif de l'étude est de vérifier les effets de la méthode PAILS & RAILS sur la souplesse active et passive des joueuses du centre de formation de l'ESBVA-LM. Tout cela en garantissant au maximum la sécurité et l'intégrité physique de nos joueuses.

A travers ce mémoire, nous allons chercher à répondre aux hypothèses suivantes :

- Hypothèse 0 : La méthode PAILS-RAILs ne permet pas d'améliorer significativement la souplesse active et passive et la souplesse.
- Hypothèse 1 : La méthode PAILS-RAILs permet d'améliorer significativement la souplesse passive sans gain de souplesse active.
- Hypothèse 2 : La méthode PAILS-RAILs permet d'améliorer significativement la souplesse active sans gain de souplesse passive.
- Hypothèse 3 : La méthode PAILS-RAILs permet d'améliorer significativement la souplesse active et passive.

3- Méthodologie et protocole

3.1 Sujets

Pour répondre à cette problématique, le groupe est de 20 joueuses du club de l'ESBVA-LM. Parmi ces joueuses, 10 font partie du centre de formation et évoluent en Nationale Féminine 1, 10 sont en U18 et évoluent en Nationale Féminine Elite groupe A.

Les 20 joueuses composent deux groupes, un groupe expérimental suivant le protocole PAILS-RAILs et un groupe contrôle ne suivant pas de protocole.

| | Taille | Âge | Moyenne RE actif | Moyenne RE passif | Moyenne RI actif | Moyenne RI passif |
|----------------------------|--------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Groupe contrôle | 186.2 | 18.9 (\pm 0.5) | 93.65 | 111.45 | 117.7 | 103.55 |
| Groupe expérimental | 182.1 | 18.5 (\pm 0.3) | 107.05 | 117.5 | 115.5 | 106.45 |

Tableau 3 –Tableau récapitulatif des données de groupe

3.2 Matériel

Les tests ont été réalisés dans le cabinet de kinésithérapie du Palacium à l’aide d’un goniomètre manuel et de la table de kinésithérapie. L’ensemble des données a été recensé dans un classeur Excel.

3.3 Protocole

Le protocole a duré 6 semaines (du 11 mars au 19 avril) avec 3 sessions d’entraînements utilisant la méthode PAILS-RAILs par semaine. Ces séances ont été programmées les lundis, mercredis et vendredis à la fin des entraînements de basket-ball. Un pré-test a été effectué le lundi 4 mars avant cette période de 6 semaines, suivi d’un post-test identique le 22 avril.

Une phase d’apprentissage de la position et de la notion d’isométrie progressive sans l’étirement a été initiée 3 semaines avant les pré-tests. A raison de 2 fois 5 minutes par semaine sur l’ensemble du groupe.

La pratique du basket-ball a été maintenue durant toute la durée du protocole (7 \pm 2 entraînements par semaine) avec un match le week-end. En ce qui concerne les séances de préparation physique, chacune des joueuses a pour consigne de s’entraîner au minimum deux fois par semaine. Le groupe du centre de formation s’entraînant avec moi au Palacium et le groupe U18 s’entraînant avec M. Antoine Lecouffe au CREPS de Wattignies.

3.3.1 Les tests

Le choix des tests s'est fait en essayant de respecter au mieux les paramètres suivants : pertinence, validité, fiabilité/reproductibilité, sécurité, coût et temps. En s'appuyant sur l'article de Cools et al. (2014), la fiabilité des tests suivants est excellente pour l'amplitude de mouvement en rotation interne et externe, peu importe la position de l'épaule, le patient ou l'équipement utilisé. Seul le meilleur des trois essais est conservé pour chaque mesure.

Le protocole de test en rotation interne est le suivant :

- Allongé sur le dos
- Avec un coude en position fixe, le sujet cherche une rotation interne maximale active
- On mesure l'angle du bras par rapport à la table à l'aide d'un goniomètre
- Dans cette même position, on cherche à amener le bras en rotation interne de manière passive en appliquant une force externe (aide du testeur)
- On mesure l'angle du bras par rapport à la table à l'aide d'un goniomètre

Le protocole de test en rotation externe est le suivant :

- Allongé sur le dos
- Avec un coude en position fixe, le sujet cherche une rotation externe maximale active
- On mesure l'angle du bras par rapport à la table à l'aide d'un goniomètre
- Dans cette même position, on cherche à amener le bras en rotation externe de manière passive en appliquant une force externe (aide du testeur)
- On mesure l'angle du bras par rapport à la table à l'aide d'un goniomètre

Afin d'assurer la validité des mesures d'angles, plusieurs critères sont pris en compte :

- Le centre du goniomètre est placé au niveau de l'olécrâne (processus saillant de l'ulna), qui correspond à la pointe du coude.

- L'extrémité du goniomètre suit le processus styloïde de l'ulna (saillie osseuse se démarquant de l'avant-bras).
- L'angle au niveau de l'aisselle et du coude doit rester à 90°
- Un support en mousse est placé sous le coude du sujet afin de garder l'humérus parallèle au sol.

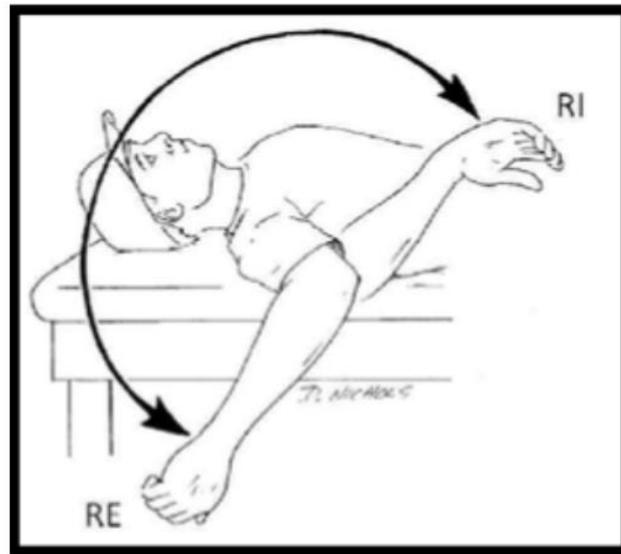


Figure 2- Illustration des tests de souplesse en rotation interne et externe

3.3.2 Protocole PAILs-RAILs

Le protocole PAILs-RAILs est le suivant (illustration annexe 1 et 2) :

- Les sujets commencent par l'épaule en rotation interne.
- 2 cycles sont effectués à droite puis à gauche
- 1 cycle :
 - Mise en tension progressive du muscle pendant 2 minutes : étirement statique du muscle agoniste
 - PAILs : contraction isométrique progressive de l'agoniste (0 à 100 % sans gêne), puis maintien pendant 10'' de cette contraction isométrique maximale)
 - RAILs : contraction isométrique progressive de l'agoniste (0 à 100 % sans gêne)

-phase de relâchement de 30'' en étirement statique du muscle agoniste avant de repartir sur un second cycle de PAILs & RAILs.

- A la suite des 2 cycles droits puis gauches, le sujet effectue le même protocole en rotation externe.

3.4 Analyse statistique prévue

Afin de pouvoir valider ou non les hypothèses, les données récoltées ont été traitées à l'aide de différents tests statistiques. Ces derniers ont été effectués en utilisant le site Anastats et le logiciel Excel.

Dans le cadre de ce travail, plusieurs échantillons indépendants ont été évalués. Dans le cas où l'homogénéité des variances (test de Levene) ainsi que la normalité (Shapiro-Wilk) ont été vérifiées, nous avons utilisé une ANOVA pour échantillon indépendant. Si l'un de ces deux paramètres n'est pas validé, nous utilisons le test de Kruskal & Wallis.

Dans le cas d'une différence significative relevée par l'ANOVA, nous effectuons une opération post-hoc avec le test de Student (apparié ou indépendant).

La taille d'effet (ES) est calculée à l'aide du D de Cohen. Nous considérons un d compris entre 0.0 et 0.2 comme un effet trivial, 0.2 à 0.5 comme un effet faible ; 0.5 à 0.8 comme un effet moyen ; 0.8 à 1.2 élevé ; 1.2 à 2 très élevé et au-delà un effet immense.

Les valeurs sont considérées comme significatives pour un $p < 0.05$ et mentionnées par un astérisque (*), les valeurs considérées comme très significatives pour un $p < 0.01$ et mentionnées par deux astérisques (**)

L'ensemble des résultats collectés sont présentés en annexe 4.

4- Résultats

- **Groupe contrôle :**

Pour le groupe contrôle, nous observons une évolution très significative ($p < 0,01$) de la souplesse active des épaules en rotation externe avec un ES de 0,29 (voir fig. 5).

Nous notons également des résultats significatifs ($p < 0,05$) sur la souplesse active en rotation interne avec un ES à 0,24 (voir fig. 6) et la souplesse passive en rotation externe avec un ES à 0,36 (voir fig. 3).

Pour ce qui est de la souplesse passive en rotation interne, nous ne notons pas de résultat significatif ($p > 0,05$) avec un ES à 0,35 (voir fig. 4).

- **Groupe expérimental : PAILs & RAILs**

Pour le groupe expérimental, nous notons une évolution significative ($p < 0,05$) en souplesse active en rotation externe avec un ES à 0,46 (fig. 5) et en souplesse passive en rotation interne avec un ES à 0,39 (fig. 4)

Nous notons de plus une amélioration très significative ($p < 0,01$) en souplesse active en rotation interne (fig 6) avec un ES à 0,72 et en souplesse passive en rotation externe (fig. 3) avec un ES à 0,73.

- **Comparaison intergroupe**

En comparant les différents paramètres entre les groupes, nous révélons des différences significatives au niveau des rotateurs externes. Une différence significative ($p < 0,05$) entre les deux groupes avant le protocole au niveau de la souplesse active en rotation externe et cette différence est très significative ($p < 0,01$) après les tests.

Également une différence très significative ($p < 0,01$) avant et après le protocole sur la souplesse passive en rotation externe.

Il n'y a pas de différence significative avant/après protocole sur la souplesse active et passive en rotation interne.

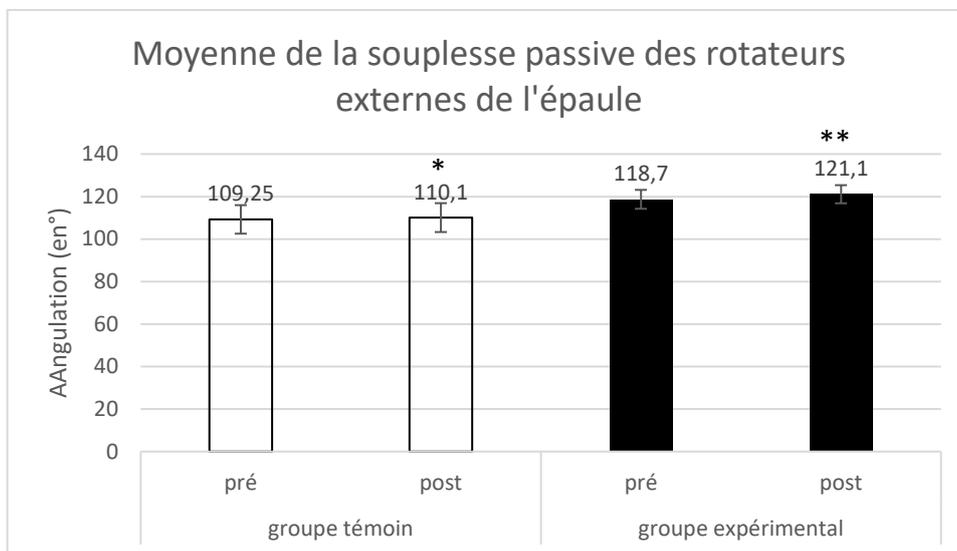


Figure 3-Evolution de la souplesse passive des rotateurs externes de l'épaule

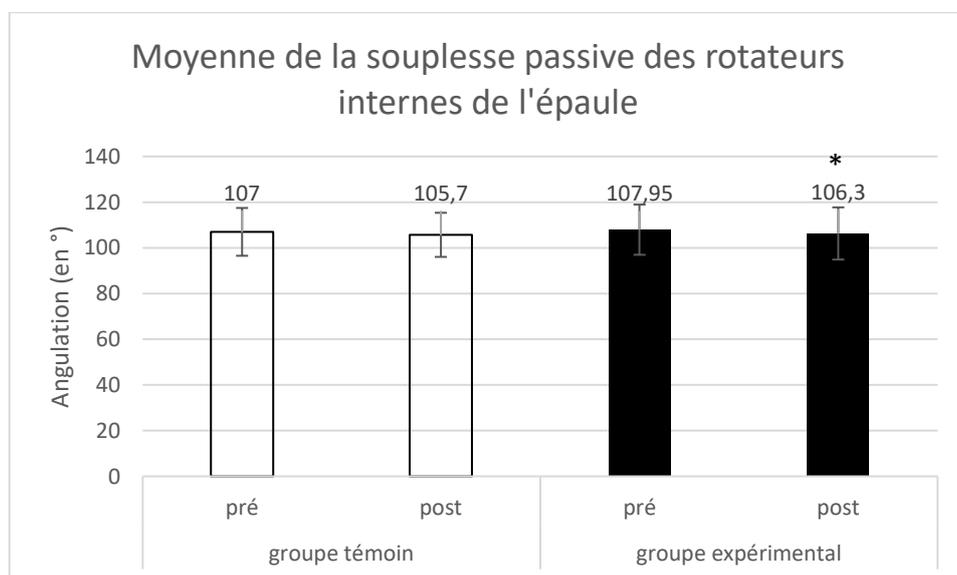


Figure 4-Evolution de la souplesse passive des rotateurs internes de l'épaule

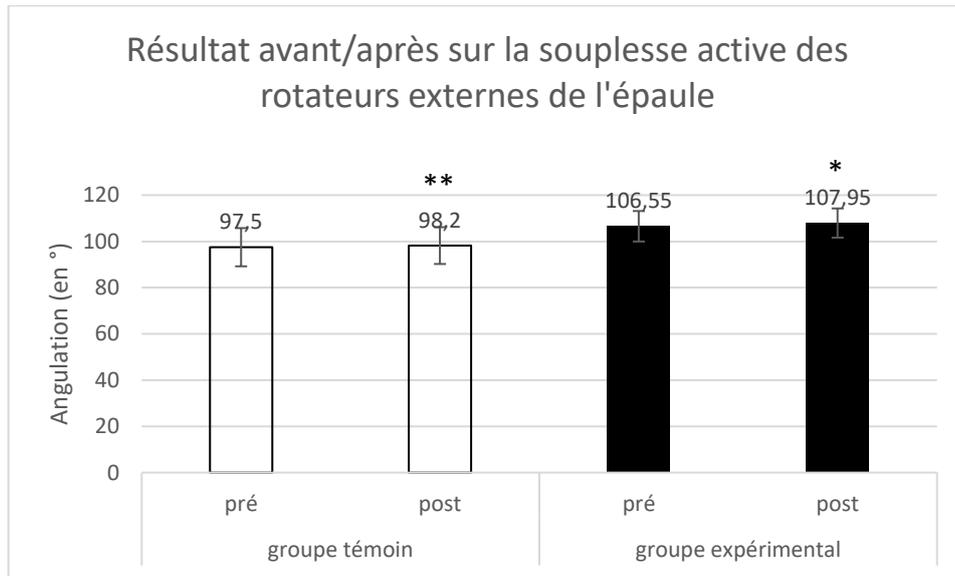


Figure 5-Evolution de la souplesse active des rotateurs externes de l'épaule

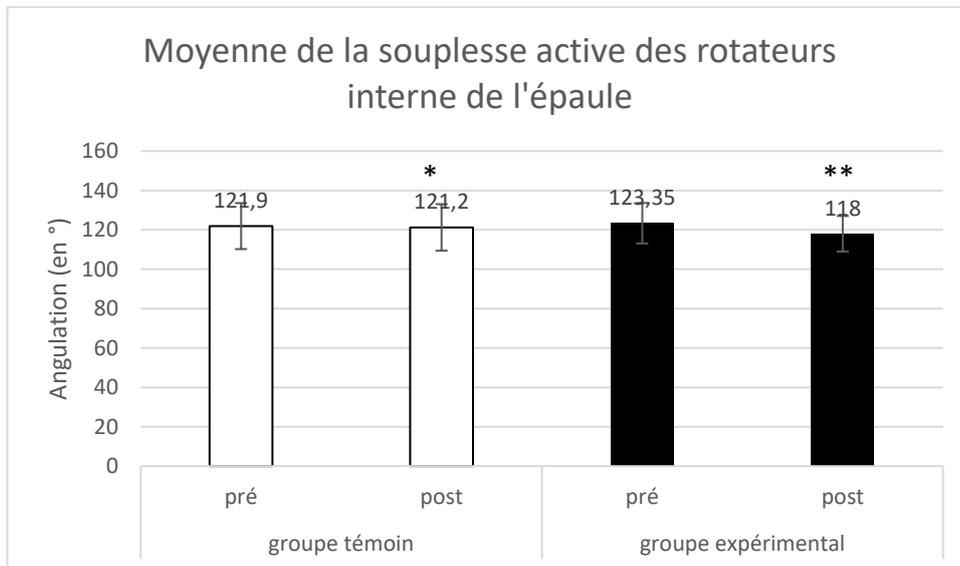


Figure 6-Evolution de la souplesse active des rotateurs internes de l'épaule

5- Discussion

L'objectif de ce mémoire était d'observer les effets de la méthode des PAILs & RAILs sur la souplesse active et passive de l'épaule.

- **Interprétation :**

En ce qui concerne la souplesse active, lors de l'analyse statistique du groupe contrôle, nous avons pu noter des résultats significatifs ($p < 0,05$) pour la rotation interne en actif et très significatifs ($p < 0,01$) pour la rotation externe en actif. Pour le groupe expérimental nous retrouvons une évolution significative ($p < 0,05$) en rotation interne et très significative ($p < 0,01$) en rotation externe.

Cependant en comparant les ES, nous pouvons observer un ES à 0.29 (faible) en rotation externe et à 0.24 (faible) en rotation interne chez le groupe contrôle, contre 0.46 (faible) en rotation externe et 0.72 (moyen) en rotation interne pour le groupe expérimental.

On remarque donc que les deux groupes ont amélioré de manières significatives à très significatives leur souplesse active en rotation interne et externe d'épaule. En rotation externe, la différence entre groupe est passée de significative ($p < 0,05$) à très significative ($p < 0,01$), ce qui confirme l'amélioration plus grande du groupe expérimental.

En ce qui concerne l'amélioration pour le groupe contrôle, il est important de prendre en compte le travail annexe effectué au protocole qui a pu jouer sur ces résultats. Les différents protocoles de renforcement proposés lors des séances de préparation physique pouvant jouer un rôle dans l'amélioration de ces mesures. Car il a en effet été démontré que certains type d'entraînement en musculation pouvait avoir un rôle sur l'amélioration de la souplesse active et passive (Afonso et al., 2021). Nous notons cependant en comparant les ES une amélioration plus prononcée dans le groupe expérimental. En d'autres termes, le groupe expérimental semble avoir bénéficié davantage de l'intervention par rapport au groupe contrôle.

Les améliorations dues au travail isométrique sont en corrélation avec les données théoriques misent en avant par Noorkõiv et al. (2014), Oranchuk et al. (2019) et Fleck et Kraemer (2014). Cependant, comme ici seule la capacité à venir recruter dans de grandes amplitudes a été mesuré et non pas l'analyse

de l'activité EMG et des niveaux de force comme dans ces études, nous ne pouvons en comparer directement les résultats.

Pour ce groupe, il semble donc que la méthode des PAILS-RAILs permette d'améliorer significativement la souplesse active des rotateurs interne et externe de l'épaule même si l'importance pratique de cette évolution vue à travers l'effect size reste faible en moyenne pour une période de 6 semaines.

Pour la souplesse passive du groupe contrôle, nous n'avons pas d'évolution significative ($p > 0.05$) en rotation interne et une évolution significative en rotation externe ($p < 0.05$). Pour le groupe expérimental, nous notons une évolution significative en rotation interne ($p < 0.05$) et très significative en rotation externe ($p < 0.01$). Pour les ES, ils sont faibles pour le groupe contrôle en rotation interne (0.35), en rotation externe (0.36) et en rotation interne. Pour le groupe expérimental nous notons un ES moyen en rotation externe (0.73) et faible en rotation interne (0.39). La différence entre les groupes avant et après le protocole reste significative ($p < 0.05$). Comme pour la souplesse active, les deux groupes se sont améliorés durant les 6 semaines. Avec une plus grande amélioration pour le groupe expérimental et une importance pratique de cette évolution vue à travers l'effect size plus élevé également avec le groupe expérimental (ES : faible à moyen) pour une période de 6 semaines.

Les résultats du groupe expérimental correspondent aux améliorations que l'on a pu retrouver dans les différentes études de Behm et al. (2023), de Konrad et al. (2023) et de Namsawang et al. (2024). Cependant, d'autres études montrent des résultats supérieurs. Là où nous notons une amélioration de 2.02 % en rotation interne et 1.55 % en rotation externe, d'autres auteurs (voir tableau 2) ont pu aller jusqu'à 14.9 % avec des étirements dynamiques, 14.3 % avec des PNF et 15.2 % en statique (en lien avec Lima et al. (2019) et Mcmillian et al. (2006)).

Ces différences peuvent s'expliquer de nombreuse façon comme présenté dans le cadre théorique où nous avons mis en avant les nombreux paramètres pouvant influencer la souplesse. En plus de cela, les différentes études présentées ne traitent pas les mêmes articulations, les mêmes types de population, ... L'étude de Decicco et Fisher (2005) reprend un protocole similaire de 6 semaines chez des hommes avec 2 séances de PNF (CRAC et CR) sur l'épaule et il est observé des améliorations de $+13.5^\circ$ et $+14.6^\circ$, ce qui reste supérieur aux résultats de cette étude. Il faut tout de même être prudent de par la différence de population homme/femme car comme le rappel Konrad en ce qui concerne les améliorations en

souplesse, il y a « *une différence significative dans les effets entre les sexes et les techniques d'étirement* » (Konrad et al., 2023) . Bien que des améliorations très significatives aient été mises en avant avec ce protocole, il semble que les modalités mises en place pour développer la souplesse passive ne soient pas optimales.

Au vu de l'analyse statistique, nous pouvons donc en conclure qu'avec ce groupe et sur 6 semaines, l'hypothèse H3 « La méthode PAILS-RAILs permet d'améliorer significativement la souplesse active et passive » est validée.

- **Limite**

Plusieurs limites peuvent être mises en avant dans cette étude.

Premièrement les évaluations ont dû être très précautionneuses et il a été important de respecter chacune des consignes présentées. Car du fait de la manipulation, certaines mesures peuvent se retrouver biaisées sans points de repère fiables. De ce fait, bien que les précautions aient été prises lors du choix et de la réalisation des tests afin de permettre une reproductibilité, une validité et une fiabilité ; il peut toujours y avoir une légère marge d'erreur à prendre en considération dans le traitement de nos données et leur application sur le terrain. Malgré la précaution et la tendance des deux groupes, il est possible que certains résultats aient été influencés par la réalisation du test.

De plus, la taille de l'échantillon ($n=20$), ne permet pas de mettre davantage de protocoles de travail différents pour en comparer les effets aux PAILS-RAILs.

Enfin, il est important de noter que la taille de ces deux échantillons n'étant pas grande, il est possible que certains résultats et les conclusions de ce travail ne s'appliquent pas à d'autres types de population.

- **Applications sur le terrain**

Au vu de cette étude et des retours des différents sujets, cela semble être une méthodologie intéressante que je compte remettre en place à l'avenir.

À la suite de tests d'amplitude articulaire, cette méthode pourrait permettre de créer des programmes adaptés aux besoins de chaque sportif :

- Si l'athlète possède une souplesse passive suffisante selon les normes scientifiques mais n'a pas de souplesse active, il sera pertinent de mettre en place les contractions isométriques du protocole PAILS-RAILs sur ces groupes musculaires.
- Si l'athlète ne possède pas une souplesse passive suffisante selon les normes scientifiques, il sera pertinent de mettre en place le protocole PAILS-RAILs au complet sur ces groupes musculaires.

En ce qui concerne la limite de la méthode en elle-même, elle peut prendre beaucoup de temps à mettre en place (15 minutes environ pour travailler la rotation interne et externe des deux épaules). Il serait donc parfois pertinent d'intégrer les phases de contraction dans la fin d'amplitude articulaire durant des exercices intégrés à la préparation physique générale.

- **Perspective**

Dans de futures recherches, il serait pertinent de comparer le protocole PAILS-RAILs à d'autres protocoles visant l'amélioration de la souplesse active et passive. Permettant ainsi de déterminer si d'autres techniques seraient véritablement plus pertinentes pour travailler ces deux facteurs.

Comme il a été fait à de nombreuses reprises avec les méthodes traditionnelles de développement de la souplesse, cela serait pertinent d'essayer différents types de protocole PAILS-RAILs pour voir quels paramètres sont les plus importants : volume total, temps sous tension isométrique, intensité isométrique, temps d'étirement, ... Car comme vu dans la discussion, bien qu'il y ai eu des résultats significatifs, le protocole mis en place avec ce groupe semble pouvoir être optimisé au vu des différents résultats obtenus dans la littérature scientifique, notamment sur l'amélioration de la souplesse passive.

Conclusion

L'objectif de cette étude était d'observer les effets d'un protocole PAILS-RAILs de 6 semaines sur la souplesse active et passive en rotation interne et externe de l'épaule. Nos résultats montrent une évolution sur la souplesse active significative ($p < 0,05$) en rotation interne et très significative ($p < 0,01$) en rotation externe. Pour la souplesse passive, il y a également une évolution significative en rotation interne ($p < 0,05$) et très significative en rotation externe ($p < 0,01$). Sur 6 semaines nous avons un ES en souplesse active à 0.46 (faible) en rotation externe et 0.72 (moyen) en rotation interne pour le groupe expérimental et en souplesse passive en rotation externe à 0.73 (moyen) et 0.39 (faible) en rotation interne.

La méthode PAILS-RAILs semble à travers cette étude être une méthode efficace afin d'améliorer conjointement les qualités de souplesse active et passive. Il est cependant important dans la mise en place d'y intégrer une phase d'apprentissage et d'adapter les modalités du protocole en fonction des besoins et du ressenti de chaque individu.

Bibliographie

- Afonso, J., Ramirez-Campillo, R., Moscão, J., Rocha, T., Zacca, R., Martins, A., Milheiro, A. A., Ferreira, J., Sarmiento, H., & Clemente, F. M. (2021). *Strength training is as effective as stretching for improving range of motion : A systematic review and meta-analysis*. OSF. <https://doi.org/10.31222/osf.io/2tdfm>
- Batalla-Gavalda, A., Montoliu, R., Beltrán-Garrido, J. V., & Corbi, F. (2023). A new database of the analysis of the physiological needs in amateur female basketball during official matches. *Scientific Data*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02747-2>
- Behm, D. (2018). *The Science and Physiology of Flexibility and Stretching : Implications and Applications in Sport Performance and Health*. <https://doi.org/10.4324/9781315110745>
- Behm, D. G., Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Anvar, S. H., Graham, A., Zahiri, A., Goudini, R., Edwards, C., Culleton, R., Scharf, C., & Konrad, A. (2023). Acute Effects of Various Stretching Techniques on Range of Motion : A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine - Open*, 9(1), 107. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00652-x>
- Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2633-2651. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1879-2>
- Ben Abdelkrim, N., Castagna, C., Jabri, I., Battikh, T., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2010). Activity profile and physiological requirements of junior elite basketball players in relation to aerobic-anaerobic fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2330-2342. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e381c1>

- Ben Abdelkrim, N., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2), 69-75; discussion 75. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.032318>
- Canal, M. (2005). La souplesse : Quelques mises au point. *Journal de Traumatologie du Sport*, 22(1), 32-43. [https://doi.org/10.1016/S0762-915X\(05\)83176-6](https://doi.org/10.1016/S0762-915X(05)83176-6)
- Carter, J., Ackland, T., Kerr, D., & Stapff, A. (2005). Somatotype and size of elite female basketball players. *Journal of Sports Sciences*, 23(10), 1057-1063. <https://doi.org/10.1080/02640410400023233>
- Coaches Education Platform*. (s. d.). World Association of Basketball Coaches. Consulté 8 janvier 2024, à l'adresse <https://wabc.fiba.com/fr/manual/level-2/12-player/3-physical-preparation/3-1-strength-and-conditioning/3-1-1-preparing-players-physically-to-play-basketball/>
- Hanna, T., Smith, N. P., & Sebastianelli, W. J. (2022). Treatment, Return to Play, and Performance Following Meniscus Surgery. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 15(3), 157-169. <https://doi.org/10.1007/s12178-022-09754-7>
- Hreinsdóttir, B. H., Kristjánisdóttir, H., & Saavedra, J. M. (2021). ANTHROPOMETRIC, PHYSICAL FITNESS, AND PSYCHOLOGICAL PARAMETERS IN INTERNATIONAL WOMEN BASKETBALL PLAYERS. *Acta Kinesiologica*, S1 2021. <https://doi.org/10.51371/issn.1840-2976.2021.15.S1.16>
- Konrad, A., Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Anvar, S. H., Graham, A., Zahiri, A., Goudini, R., Edwards, C., Scharf, C., & Behm, D. G. (2023). Chronic effects of stretching on range of motion with consideration of potential moderating variables : A systematic review with meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2023.06.002>

- Kucsa, R., & Mačura, P. (2015). Physical Characteristics Of Female Basketball Players According To Playing Position. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 55(1), 46-53. <https://doi.org/10.1515/afepuc-2015-0006>
- Lima, C. D., Ruas, C. V., Behm, D. G., & Brown, L. E. (2019). Acute Effects of Stretching on Flexibility and Performance : A Narrative Review. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 1(1), 29-37. <https://doi.org/10.1007/s42978-019-0011-x>
- Lucado, A. M., Dale, R. B., Kolber, M. J., & Day, J. M. (2020). ANALYSIS OF RANGE OF MOTION IN FEMALE RECREATIONAL TENNIS PLAYERS WITH AND WITHOUT LATERAL ELBOW TENDINOPATHY. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(4), 526-536.
- Morikawa, L. H., Tummala, S. V., Brinkman, J. C., Crijns, T. J., Lai, C. H., & Chhabra, A. (2023). Shoulder and Elbow Injuries in National Basketball Association Athletes and Their Effects on Player Performance. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 11(10), 23259671231202973. <https://doi.org/10.1177/23259671231202973>
- Opplert, J., & Babault, N. (2018). Acute Effects of Dynamic Stretching on Muscle Flexibility and Performance : An Analysis of the Current Literature. *Sports Medicine*, 48(2), 299-325. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0797-9>
- Petway, A. J., Freitas, T. T., Calleja-González, J., Medina Leal, D., & Alcaraz, P. E. (2020). Training load and match-play demands in basketball based on competition level : A systematic review. *PloS One*, 15(3), e0229212. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229212>
- Reiss, D., & Prevost, D. P. (s. d.). *La bible de la preparation Physique*.
- Santos, C. X., Beltrão, N. B., Pirauá, A. L. T., Durigan, J. L. Q., Behm, D., & De Araújo, R. C. (2020). Static Stretching Intensity Does Not Influence Acute Range of Motion, Passive Torque, and

Muscle Architecture. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29(1), 1-6.

<https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0178>

Starrett, K., & Cordoza, G. (2015). *Becoming a Supple Leopard 2nd Edition : The Ultimate Guide to Resolving Pain, Preventing Injury, and Optimizing Athletic Performance*. Victory Belt Publishing.

Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Berkelmans, D. M., & Milanović, Z. (2018). The Activity Demands and Physiological Responses Encountered During Basketball Match-Play : A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(1), 111-135.

<https://doi.org/10.1007/s40279-017-0794-z>

Turner, A. (Éd.). (2018). *Routledge handbook of strength and conditioning : Sport-specific programming for high performance*. Routledge, Taylor & Francis Group.

Hudain, M. A., Kamaruddin, I., Hita, I. P. A. D., Pranata, D., & Ariestika, E. (2023). Investigation of nutritional status, VO₂max, agility, speed, and strength : a cross-sectional study in basketball athletes. *Journal sport area*, 8(2), 261-271. [https://doi.org/10.25299/sportarea.2023.vol8\(2\).11724](https://doi.org/10.25299/sportarea.2023.vol8(2).11724)

Chaabene, H., Behm, D. G., Negra, Y., & Granacher, U. (2019). Acute Effects of Static Stretching on Muscle Strength and Power : An Attempt to Clarify Previous Caveats. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2019.01468>

Opplert, J., & Babault, N. (2018). Acute Effects of Dynamic Stretching on Muscle Flexibility and Performance : An Analysis of the Current Literature. *Sports Medicine*, 48(2), 299-325. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0797-9>

Namsawang, J., Srijunto, W., Werasirirat, P., Sniečkus, A., Bradauskienė, K., Kamandulis, S., & Muanjai, P. (2024). The effects of 6-week home-based static stretching, dynamic stretching, or eccentric exercise interventions on muscle-tendon properties and functional performance in older women. *Journal of Exercise Science & Fitness*. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2024.01.001>

Dufour, M., Pillu, M., & Del Valle Acedo, S. (2017). *Biomécanique fonctionnelle : Membres - Tête - Tronc*.

Enoka, R. M. (2015). *Neuromechanics of Human Movement-5th Edition*. Human Kinetics.

- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2019). *Motor Learning and Performance : From Principles to Application*. Human Kinetics.
- Noorköiv, M., Nosaka, K., & Blazevich, A. J. (2014). Neuromuscular Adaptations Associated with Knee Joint Angle-Specific Force Change. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 46(8), 1525-1537. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000269>
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2014). Designing resistance training programs. Dans *Human Kinetics eBooks*. <https://doi.org/10.5040/9781718225107>
- Shah, R., Samuel, M. W., & Son, J. (2023). Acute and Chronic Effects of Static Stretching on Neuromuscular Properties : A Meta-Analytical Review. *Applied Sciences*, 13(21), 11979. <https://doi.org/10.3390/app132111979>
- Alter, M. J. (2004). *Science of Flexibility*. Human Kinetics.
- Joyce, D., & Lewindon, D. (2015). *Sports Injury Prevention and Rehabilitation : Integrating Medicine and Science for Performance Solutions*. Routledge.
- Cools, A. M., De Wilde, L., Van Tongel, A., Ceysens, C., Ryckewaert, R., & Cambier, D. C. (2014). Measuring shoulder external and internal rotation strength and range of motion : comprehensive intra-rater and inter-rater reliability study of several testing protocols. *Journal Of Shoulder And Elbow Surgery*, 23(10), 1454-1461. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2014.01.006>
- Guissard, N., Duchateau, J., & Hainaut, K. (2001). Mechanisms of decreased motoneuron excitation during passive muscle stretching. *Experimental Brain Research*, 137(2), 163-169. <https://doi.org/10.1007/s002210000648>
- Oranchuk, D. J., Storey, A. G., Nelson, A. R., & Cronin, J. B. (2019). Isometric training and long-term adaptations : Effects of muscle length, intensity, and intent : A systematic review. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 29(4), 484-503. <https://doi.org/10.1111/sms.13375>

Clifford, C., Challoumas, D., Paul, L., Syme, G., & Millar, N. L. (2020b). Effectiveness of isometric exercise in the management of tendinopathy : a systematic review and meta-analysis of randomised trials. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 6(1), e000760.

<https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000760>

Decicco, P. V., & Fisher, M. M. (2005b). The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on shoulder range of motion in overhand athletes. *PubMed*, 45(2), 183-187.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16355079>

Sitographie

Dovan, M-L. Ebook : Free Mobility Program Active Range Of Motion, 2021. (accédé le 20 décembre 2023)

Annexe

Annexe 1 : PAILS & RAILS de l'épaule en rotation interne :

[PAILS and RAILS Rotation interne épaule - YouTube](#)

Annexe 2 : PAILS & RAILS de l'épaule en rotation externe :

<https://www.youtube.com/watch?v=olQHU8HrPuI&t=161s>

Annexe 3 : Présentation d'un test de l'épaule en rotation interne et externe :

<https://www.youtube.com/watch?v=0eWUi8sWjvY>

Annexe 4 : Données brute pré et post test

| Pré test ESBVA-LM | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--|
| | RE droit actif | RE droit passif | RI droit actif | RI droit passif | RE gauche actif | RE gauche passif | RI gauche actif | RI gauche passif | moeyenne RE actif | moeyenne RE passif | moeyenne RI actif | moeyenne RI passif | |
| Arol | 85 | 107 | 118 | 102 | 84 | 101 | 111 | 101 | 84.5 | 104 | 114.5 | 101.5 | |
| Aziliz | 95 | 102 | 121 | 98 | 103 | 122 | 102 | 88 | 99 | 112 | 111.5 | 93 | |
| Nadrou | 100 | 102 | 138 | 117 | 95 | 103 | 140 | 122 | 97.5 | 102.5 | 139 | 113.5 | |
| Chloé | 90 | 106 | 132 | 114 | 99 | 112 | 120 | 112 | 94.5 | 109 | 126 | 113 | |
| Charlotte | 90 | 106 | 132 | 114 | 99 | 112 | 120 | 112 | 94.5 | 109 | 126 | 113 | |
| Elodie | 101 | 112 | 142 | 112 | 92 | 105 | 138 | 109 | 96.5 | 108.5 | 140 | 110.5 | |
| Clara | 98 | 114 | 117 | 97 | 136 | 136 | 102 | 89 | 117 | 125 | 109.5 | 93 | |
| Marlène | 93 | 100 | 133 | 121 | 94 | 103 | 115 | 108 | 93.5 | 101.5 | 124 | 114.5 | |
| Tymea | 97 | 110 | 117 | 101 | 94 | 106 | 95 | 88 | 95.5 | 108 | 106 | 94.5 | |
| Jade | 104 | 118 | 115 | 110 | 101 | 108 | 130 | 125 | 102.5 | 113 | 122.5 | 117.5 | |
| Maeva | 95 | 112 | 118 | 103 | 108 | 130 | 125 | 108 | 101.5 | 121 | 121.5 | 105.5 | |
| laly | 110 | 112 | 137 | 130 | 94 | 110 | 130 | 110 | 102 | 111 | 133.5 | 120 | |
| alyssa | 110 | 124 | 150 | 138 | 110 | 123 | 125 | 112 | 110 | 123.5 | 137.5 | 125 | |
| louise | 114 | 122 | 130 | 111 | 114 | 123 | 133 | 109 | 114 | 122.5 | 131.5 | 110 | |
| maurinne | 106 | 113 | 130 | 120 | 112 | 120 | 115 | 102 | 109 | 116.5 | 122.5 | 111 | |
| teeyah | 110 | 122 | 111 | 97 | 94 | 104 | 104 | 94 | 102 | 113 | 107.5 | 95.5 | |
| lise | 33 | 113 | 102 | 90 | 94 | 111 | 133 | 104 | 93.5 | 115 | 117.5 | 97 | |
| Eva | 110 | 119 | 111 | 98 | 110 | 123 | 115 | 100 | 110 | 121 | 113 | 99 | |
| Albane | 117 | 127 | 122 | 102 | 101 | 115 | 108 | 91 | 109 | 121 | 115 | 96.5 | |
| Eva 2 | 115 | 122 | 135 | 127 | 114 | 123 | 133 | 113 | 114.5 | 122.5 | 134 | 120 | |

| Post test test ESBVA-LM | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--|
| | RE droit actif | RE droit passif | RI droit actif | RI droit passif | RE gauche actif | RE gauche passif | RI gauche actif | RI gauche passif | moeyenne RE actif | moeyenne RE passif | moeyenne RI actif | moeyenne RI passif | |
| Arol | 86 | 107 | 119 | 102 | 85 | 101 | 110 | 102 | 85.5 | 104 | 114.5 | 102 | |
| Aziliz | 95 | 103 | 120 | 97 | 104 | 124 | 102 | 89 | 99.5 | 113.5 | 111 | 93 | |
| Nadrou | 101 | 102 | 138 | 115 | 96 | 103 | 137 | 120 | 98.5 | 102.5 | 137.5 | 117.5 | |
| Chloé | 90 | 108 | 131 | 113 | 100 | 111 | 120 | 111 | 95 | 109.5 | 125.5 | 112 | |
| Charlotte | 91 | 106 | 131 | 111 | 101 | 112 | 119 | 100 | 96 | 109 | 125 | 105.5 | |
| Elodie | 101 | 113 | 143 | 111 | 92 | 106 | 138 | 110 | 96.5 | 109.5 | 140.5 | 110.5 | |
| Clara | 99 | 114 | 115 | 98 | 134 | 137 | 100 | 88 | 116.5 | 125.5 | 107.5 | 93 | |
| Marlène | 93 | 103 | 130 | 122 | 95 | 105 | 116 | 107 | 94 | 104 | 123 | 114.5 | |
| Tymea | 99 | 110 | 117 | 102 | 94 | 106 | 94 | 86 | 96.5 | 108 | 105.5 | 94 | |
| Jade | 105 | 120 | 114 | 109 | 103 | 111 | 130 | 121 | 104 | 115.5 | 122 | 115 | |
| Maeva | 115 | 125 | 118 | 98 | 98 | 123 | 119 | 99 | 106.5 | 124 | 118.5 | 98.5 | |
| laly | 111 | 115 | 135 | 129 | 97 | 112 | 129 | 108 | 104 | 113.5 | 132 | 118.5 | |
| alyssa | 115 | 124 | 131 | 128 | 104 | 124 | 122 | 119 | 109.5 | 124 | 126.5 | 123.5 | |
| louise | 110 | 123 | 120 | 106 | 118 | 128 | 118 | 111 | 116.5 | 125.5 | 119 | 108.5 | |
| maurinne | 110 | 117 | 124 | 115 | 108 | 126 | 119 | 107 | 108 | 121.5 | 118.5 | 111 | |
| teeyah | 110 | 124 | 110 | 96 | 97 | 107 | 103 | 93 | 103.5 | 115.5 | 108.5 | 94.5 | |
| lise | 35 | 115 | 115 | 80 | 94 | 119 | 116 | 108 | 94.5 | 117 | 115.5 | 94 | |
| Eva | 113 | 120 | 111 | 97 | 111 | 123 | 118 | 98 | 112 | 121.5 | 114.5 | 97.5 | |
| Albane | 113 | 130 | 110 | 102 | 108 | 120 | 95 | 92 | 110.5 | 125 | 102.5 | 97 | |
| Eva 2 | 115 | 124 | 125 | 119 | 114 | 123 | 128 | 121 | 114.5 | 123.5 | 126.5 | 120 | |

Résumé

Titre : « Développer conjointement la souplesse active et la souplesse passive d'épaule chez des joueuses de basket-ball espoir : l'intérêt de la méthode PAILS-RAILs »

Introduction – La souplesse est l'une des qualités primordiales dans tout sport, que cela soit pour la performance ou pour minimiser les risques de blessure. Cependant beaucoup de débats tournent autour de la méthode la plus efficace pour développer cette qualité et les méthodes les plus populaires ne développent généralement que la souplesse passive sans la souplesse active.

L'objectif de cette étude était de voir l'intérêt de la méthode PAILS-RAILs et ses effets sur le développement conjoint des qualités de souplesse passive et active.

Méthode – 10 joueuses en centre de formation de 18.5 ans (± 0.3) ont suivi un protocole PAILS-RAILs sur la rotation interne et externe d'épaule pendant 6 semaines à raison de 3 séances par semaine. Le protocole consistait en un étirement statique de 2 minutes suivi d'un PAILS (10''), d'un RAILS (10''), de 30'' d'étirement statique puis d'un PAILS (10'') et d'un RAILS (10''). Cela en rotation interne et externe d'épaule. La souplesse active et passive a été mesurée à l'aide d'un goniomètre manuel sur une table de kinésithérapie. Les résultats ont été comparés à un groupe contrôle de 10 joueuses du même centre de formation de 18.9 ans (± 0.5). Les résultats ont été traités en utilisant une ANOVA et un test post-hoc de Student.

Résultats – Les résultats montrent une amélioration significative ($p < 0.05$) de la souplesse active et passive en rotation interne, ainsi qu'une amélioration très significative ($p < 0.01$) de la souplesse active et passive en rotation externe pour le groupe expérimental.

Conclusion – La méthode PAILS-RAILs semble concluante afin d'améliorer conjointement les qualités de souplesse active et passive d'épaule chez des joueuses en centre de formation.

Mots clés : PAILS-RAILs ; épaule ; souplesse; mobilité ; amplitude articulaire

Abstract

Title : « Jointly developing active and passive shoulder flexibility in young female basketball players : the interest of the PAILS-RAILs method »

Introduction – Flexibility is a key component in any sport, whether it is for performance or to minimize the risk of injury. However, much debate revolves around the most efficient method to develop this quality and the most popular methods generally develop only passive flexibility without active flexibility.

The aim of this study was to see the interest of the PAILS-RAILs method and its effects on the joint development of passive and active flexibility.

Methodology – 10 young basketball players of 18.5 years old (± 0.3) followed a PAILS-RAILs protocol on internal and external shoulder rotation for 6 weeks at 3 sessions per week. The protocol consisted of a static stretch of 2 minutes followed by a PAILS (10''), a RAILS (10''), 30'' static stretch and then a PAILS (10'') and RAILS (10''). This in internal and external shoulder rotation. Active and passive flexibility was measured using a manual goniometer on a physiotherapy table. The results were compared to a control group of 10 players from the same training center of 18.9-year-old (± 0.5). The results were processed using ANOVA and a post-hoc Student test.

Results – The results show a significant improvement ($p < 0.05$) in active and passive flexibility in internal rotation, as well as a very significant improvement ($p < 0.01$) in active and passive flexibility in external rotation for the experimental group.

Conclusion – The PAILS-RAILs method seems conclusive in order to jointly improve the active and passive shoulder flexibility qualities in young basketball players.

Mots clés : PAILS-RAILs ; shoulder ; flexibility ; mobility ; range of motion

Compétences

- Analyse statistique
- Rechercher des études scientifiques pertinentes
- Concevoir et mettre en place un protocole de souplesse